

Секция 5: Передовые технологии и техника для агропромышленного комплекса (АПК)  
и разработки недр

Представленный виброизолятор, в основе которого используется компенсатор жесткости на основе супермагнитов, может найти применение в области машиностроения и транспортной инфраструктуры. Предложенное решение может оказаться эффективным в области предупреждения неблагоприятного действия вибрации на организм человека, а также повышения эффективности эксплуатации транспортных средств.

Работа выполнена при поддержке Стипендии Президента для молодых ученых, согласно приказа Министерства образования и науки РФ № 184 от 10 марта 2015 года.

Литература.

1. Gurova E. G. Power characteristics of the vibration isolators / E. G. Gurova, M. G. Gurov, V. V. Ivanov // *Applied Mechanics and Materials*. - 2015. – Vol. 698 : Electrical Engineering, Energy, Mechanical Engineering, EEM 2014. – P. 575-579.
2. Gurova E. G. Determination of traction characteristic of stiffness compensator for vibroisolation device / E. G. Gurova, M. G. Gurov, S. V. Makarov // *Life Science Journal*. - 2014. - Vol. 11, №12s. - P. 624-625.
3. Features of the power characteristics of the vibration isolations / E. G. Gurova, S. V. Makarov, M. G. Gurov, A. A. Sergeev // *Advanced Materials Research*. - 2014. - Vol. 1040 : High technology: research and applications. - P. 678-681.
4. Development of Spatial Vibration Protection Devices / E. G. Gurova, V. Y. Gross, V. S. Kurbatov, S. V. Makarov, A. A. Sergeev, N. I. Shchurov // *World Applied Sciences Journal*. - 2013. - Vol. 22 (Special Issue on Techniques and Technologies). - P. 44-48.
5. Gurova E. G. Vibro isolator with neodymium magnets compensator of the stiffness / E. G. Gurova, M. G. Gurov // *Applied Mechanics and Materials*. - 2014. - Vol. 682 : Innovative Technologies and Economics in Engineering. – P. 118-121.
6. Алексеев С.П., Казаков А.М., Колотилев Н.Н. Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении М.: Машиностроение, 1970. - 208 с.
7. Вибрации в технике. В 6 т. / под ред. К.В. Фролова. - М.: Машиностроение, 1995 - Т. 6: Защита от вибрации и ударов. 2-е изд. - 1995. - 456 с
8. Санкин Ю.Н., Пирожков С.Л. Случайные колебания виброзащитных систем. Ульяновск: УлГТУ, 2000. - 83 с.

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ  
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН**

*А.В. Еремеев, ст. преподаватель*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел (38451)-6-05-37*

*E-mail: eremeev@tpu.ru*

В настоящее время в отечественном сельскохозяйственном машиностроении практически все рабочие органы почвообрабатывающих машин изготавливаются из трех основных видов сталей: 65Г, 45, Л53. Износостойкость и прочность этих сталей невысоки. На некоторых предприятиях с целью повышения износостойкости применяется наплавка изнашиваемых частей рабочих органов токами высокой частоты либо сварочным твердосплавным (обычно марки Т-590) электродом. При этом не обеспечивается металлургическое качество наплавки (перегрев основы и сплава, высокая глубина проплавления, высокозернистая микроструктура и пр.) и соблюдение технологических параметров (толщины и ширины слоя). Кроме того, у таких наплавочных технологий существуют значительные ограничения по химическому составу, свойствам (магнитность и др.), толщине наносимых износостойких материалов.

Рабочие органы почвообрабатывающих машин в основном подвержены абразивному износу в результате трения контактируемых поверхностей сопрягаемых деталей. Работами ряда ученых установлен характер абразивного износа и его закономерности. По данным этих авторов процесс абразивного износа носит характер микрорезания твердыми абразивными частицами и усталостного разрушения микрообъемов. Ими установлены закономерности износа от твердости и давления.

Исследование процессов изнашивания показывает, что интенсивность их протекания зависит от скорости процесса разрушения микрообъема материала при каждом элементарном акте взаимодействия пятен контакта.

Лезвие почворежущих рабочих органов в процессе эксплуатации теряет вследствие абразивного изнашивания свою работоспособность и поэтому его необходимо восстанавливать для устранения износа, т. е. восстанавливать работоспособность и, тем самым, продлевать долговечность.

Все известные способы сохранения работоспособности направлены на уменьшение скорости изнашивания путём применения более износостойких материалов или создания самозатачивающихся лезвий. Ещё в 1926г. изобретателем А. М. Игнатьевым было предложено многослойное лезвие. Этот способ получил применение в машиностроении особенно после разработки индукционного способа наплавки порошковыми твёрдыми сплавами.

Следует отметить, что в виду довольно высокой сложности и стоимости твёрдых сплавов он не нашёл пока должного применения в сельскохозяйственном производстве при восстановлении рабочих органов сельскохозяйственных машин.

Для повышения долговечности режущих элементов машин сельскохозяйственной техники (лемеха плугов, лапы культиваторов, ножи свеклоуборочных машин и др.) последние подвергаются упрочнению индукционным способом. К недостатку этого метода следует отнести то, что с уменьшением толщины наплавки до 0,2 мм снижается качество ввиду коробления детали из-за сильного теплового воздействия.

Ведутся разработки новых способов наплавки: метод упрочнения трением, метод плакирования износостойкой лентой из инструментальных сталей. Однако, они отличаются высокой сложностью и поэтому не находят широкого применения при восстановлении вышеуказанных деталей в ремонтном производстве.

Исследованиями НПО ВИСХОМ установлено, что использование закономерностей конструкционной износостойкости, теории абразивного изнашивания, применение современных износостойких материалов и технологических методов упрочнения, позволяют в большинстве случаев многократно повысить ресурс деталей и рабочих органов машин. В частности, путем применения расчетно-экспериментальных методов оптимизации конструкционных параметров технически возможно повышение ресурса лемехов, отвалов, лап, зубьев бороны и других рабочих органов почвообрабатывающих машин в 2-4 раза и более при снижении удельной материалоемкости до 3-5 раз. Совместно с ПО "Одессапочвомаш" проведены исследования по определению ресурса и характера изнашивания долотообразных лемехов, зонально упрочненных твердыми сплавами. Твердый сплав марки ФБХ наносили на лицевую сторону ноковой части серийных ненаплавленных лемехов ПНЧС методом плазменной наплавки, а вальцованных лемехов П-702 методом намораживания. Толщина слоя твердого сплава составляла 1,5-2,5 мм. Сравнительные ресурсные испытания опытных и серийных лемехов показали, что повышение износостойкости носка позволяет сохранить исходную форму и функциональные качества лемеха и, тем самым, значительно увеличить его ресурс. По результатам испытаний наработка опытных лемехов составила 55-67 га, а наработка серийных наплавленных лемехов до выбраковки - 31-39 га. Лемеха с упрочненным носком к моменту завершения испытаний не достигли предельного состояния по износу и были пригодны к дальнейшей эксплуатации. Сохранение первоначальной формы лемеха в процессе его эксплуатации, достигаемое зональным упрочнением носовой части и выравниванием интенсивности изнашивания носка и лезвия, позволяет значительно расширить границу изнашивания лемеха по ширине, более полно используя при этом заложенный в детали металл.

Для повышения прочности и износостойкости стрелчатых лап был опробован способ поверхностного упрочнения материалов в высокочастотной плазме на установке Плазма-401. В разрядной камере высокочастотного плазмотрона в плазменный поток при атмосферном давлении вводился пучок кварцевых стержней, которые в зоне высоких температур испаряются и плазменным потоком транспортируются на поверхность изделия. На поверхности изделия происходит конденсация паров напыляемого материала толщиной 2-3 мм за три периода напыления. Время одного периода не более 15 с. Для оценки повышения ресурса лап в результате их поверхностного упрочнения провели сравнительные полевые испытания серийных и экспериментальных стрелчатых лап в двух колхозах Павлодарской и Кокчетавской областей. Установлено, что линейный износ серийных лап характеризуется большей неравномерностью по длине лезвия, износ экспериментальных лап происходит равномерно. Экспериментальные лапы обладают большей износостойкостью (до 1,5 раза) и обеспечивают значительно лучшее самозатачивание, чем серийные. Износ носка лап как серийных, так и экспериментальных в 2—

3 раза превышает их износ по длине лезвия, однако износ экспериментальных пап несколько ниже серийных. Наибольшей износостойкостью среди экспериментальных пап обладают папы закаленные не наплавленные, упрочненные снизу. Полученные результаты показали перспективность предлагаемого способа поверхностного упрочнения материалов в высокочастотной плазме.

В результате наплавки намораживанием с последующей термической обработкой на поверхности рабочих органов почвообрабатывающих машин из стали 65Г образуется слой повышенной износостойкости, происходит изменение структуры и свойств основного металла из-за термического воздействия. Наплавка намораживанием ведется из расплава при температуре выше 1273°K, что приводит к образованию крупнозернистой структуры основного металла, снижению его эксплуатационных свойств. Проведенные сравнительные испытания рыхлительных оборотных пап (сталь 65Г) культиватора КШП-8 подтвердили целесообразность применения после их наплавки намораживанием закалки в полимерной закалочной среде и последующего среднего отпуска. Установлено, что ресурс деталей, упрочненных наплавкой намораживанием с после дующей термической обработкой, в среднем в 1,4 раза выше ресурса деталей, упрочненных наплавкой намораживанием без термической обработки. Применение закалки и последующего отпуска при упрочнении деталей сельскохозяйственных машин наплавкой намораживанием не требует значительных капитальных затрат.

В результате исследований различных вариантов термомеханической обработки лемехов установлено, что после такой обработки материал характеризовался мартенситной структурой; различия в технологическом процессе обработки не привели к изменениям в твердости материала; при задержке свыше 40 сек. времени от момента окончания формирования лемеха до момента его охлаждения в воде, значительно снижалась ударная прочность материала. Термомеханическую обработку лемехов можно с успехом применять вместо термической обработки, существенного повышения ударной прочности можно достигнуть путем сохранения правильного ритма производственного процесса и соблюдения технологических требований.

Сравнительный анализ основных методов упрочнения с.-х. орудий, подвергающихся различным типам износа — трению, абразии, коррозии, воздействию высоких температур, усталостным напряжениям и др. показал, что электродуговая наплавка эффективна при упрочнении достаточно массивных деталей и сопровождается большими температурными напряжениями. Плазменная наплавка карбидосодержащих материалов может употребляться для упрочнения почвообрабатывающих орудий, когда требуется образование одного наплавленного слоя без изменения структуры основного металла. Метод напыливания твердого порошка в плазменной струе производится в присутствии боратов или силикатов, которые при температуре более 1000°С очищают поверхность металла от окислов. Другим способом упрочнения является внедрение твердых порошкообразных материалов в основной металл с помощью направленного взрыва, который сообщает частицам скорость в 2 раза превосходящую скорость звука. Этот метод не вызывает термических напряжений в металле. В качестве износостойкого материала для нанесения на поверхность рабочих органов применяют карбиды хрома, ванадия, вольфрама и титана.

При изготовлении кованных или катаных плужных лемехов и других рабочих органов почвообрабатывающих орудий легированной стали, имеющей состав (по массе): 0,7-1,0% Mn; 0,7-2,2% Cr; 0,3-0,6% Mb; 0,5-2,2% Ni; не более 0,45% C, остальное-Fe с известными примесями, благодаря аустенитному нагреву и закалке в масле с последующим отпуском она приобретает предел прочности 1300-1700 Н/мм<sup>2</sup>, а благодаря поверхностной закалке на глубину до 2 мм имеет твердость в поверхностном слое 55-60 единиц по Роквеллу. Орудия, изготовленные из такой стали и прошедшие соответствующую термообработку, обладают высокой износостойкостью при одновременной прочности на излом и скол и хорошо работают в абразивных почвах с каменистыми компонентами.

Азотирование является эффективным средством повышения твердости и износостойкости стальных поверхностей. Однако этот процесс продолжается в течение длительного — до 60 ч времени, что ограничивает область его применения. Разработаны способы ускорения этого процесса применением плазменного и высокочастотного нагрева деталей в газовой азотосодержащей среде. При азотировании в аммиаке при температуре менее 60°С атомы азота абсорбируются поверхностью металла и медленно диффундируют на небольшую глубину. При температуре 600-800°С процесс протекает ускоренно в течение 1-10 ч и сопровождается фазовыми превращениями железа. Твердость поверхностного слоя в 2-4 раза превышает твердость цементации. При сравнении прямой закалки и цементации с новым режимом азотирования деталь подвергалась предварительной закалке и высокому отпуску. В последнем случае износостойкость деталей повысилась в 2,5 раза.

Изучение профилей лезвий лемехов показывает, что при изнашивании на лезвии образуется «затылочная» фаска, которая наклонена к дну борозды под небольшим отрицательным углом (рис. 1), т. е. режущая кромка лезвия приподнята над дном борозды. Сама режущая кромка получается острой или закругленной (притупленной) в зависимости от типа и состояния почвы. Острая кромка и плоская, наклоненная под углом до  $10^\circ$ , затылочная фаска характерны при изнашивании лезвия на легких песчаных почвах. Получаются они за счет интенсивного износа нижней стороны лемеха. Обычно такой износ оценивают как своеобразное самозатачивание на песке. На связных глинистых почвах режущая кромка имеет значительно больший радиус закругления, фаска бочкообразная, наклоненная к дну борозды в среднем под углом  $20\text{—}25^\circ$ .

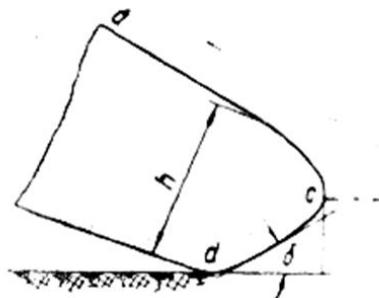


Рис. 1. Профиль лезвия изношенного лемеха

Вследствие клиновидной формы сечения лезвия, ширина его затылочной фаски по мере износа лемеха растет. Одновременно наблюдается медленный поворот этой фаски в сторону увеличения отрицательного угла наклона к дну борозды.

Появление затылочной фаски на лезвии лемеха вызывает дополнительные силы сопротивления почвы, которые нарушают равновесие хода плуга по глубине, стремясь как бы вытолкнуть его из борозды. Эти силы также увеличивают тяговое сопротивление плуга. Они тем больше, чем шире фаски и чем круче они повернуты ко дну борозды.

В отличие от многих режущих деталей, осуществляющих процесс разделения материала путем среза или скалывания сминающим клином, почворежущие детали работают главным образом своим лезвием, вдавливающимся в материал и создающим в нем предельные напряжения. Поэтому лезвия почворежущих деталей воспринимают большие нагрузки и быстро изнашиваются о почву.

Как установлено исследованиями, соприкасающиеся с почвой поверхности лемеха изнашиваются главным образом абразивными частичками — кварцевыми песчинками, которые царапают и пластически деформируют (выдавливают с последующим разрушением) металл. Чем больше кварца в почве, тем больше частиц проходит в единицу времени по поверхности лезвия. Чем тверже почва, тем с большей силой эти частички прижимаются к поверхности лезвия и глубже изнашивают ее.

Это физически очевидное представление о сущности явления выражается многократно проверенной опытным путем математической формулой:

$$\frac{d\tau}{dT} = C_p \quad (1)$$

где  $\tau$  — линейный износ по толщине, замеренный перпендикулярно к поверхности металла;

$T$  — путь трения почвы (абразивной массы) по поверхности металла;

$C$  — коэффициент изнашивания, зависящий от свойств почвы (количества, размеров и формы песчинок), износостойкости материала и условий изнашивания;

$p$  — удельное давление почвы, действующее перпендикулярно к поверхности режущего органа.

Следовательно, скорость износа поверхности лемеха, вызванного прошедшей по ней почвенной массой, прямо пропорциональна давлению  $p$ , с которым эта масса прижимается к истираемой поверхности.

Наблюдая за изменением профиля лезвия лемеха или другой почворежущей детали по их отпечаткам, можно убедиться в том, что при изнашивании такой профиль постепенно стабилизируется, принимая форму, характерную для данной детали и условий ее работы (рис. 1.8). Эта закономерность имеет основное значение, и она подробно изучена.

Стабилизация профиля лезвия и ее закономерности наблюдаются также в опытах по изнашиванию лап культиваторов, ножей фрез и других режущих деталей в полевых условиях и на образцах в лабораторных условиях.

Определив стабилизированный профиль лезвия и используя формулу закона износа (1), можно приближенно рассчитать и построить эпюру давления почвы на этот профиль.

При изнашивании стабилизированного лезвия его профиль не изменяется, все его точки сдвигаются в направлении износа лезвия по ширине, параллельно тыльной не изнашиваемой стороне на одинаковую величину  $\Delta u$  (рис. 2). При небольших износах смещение профиля  $\Delta u$  и износ по нормали к профилю  $\Delta \tau$  в любой его точке связаны по формуле:

$$\Delta \tau = \Delta u \sin \gamma, \quad (2)$$

где  $\gamma$  — угол между касательной к профилю в этой точке и на направлением его смещения.

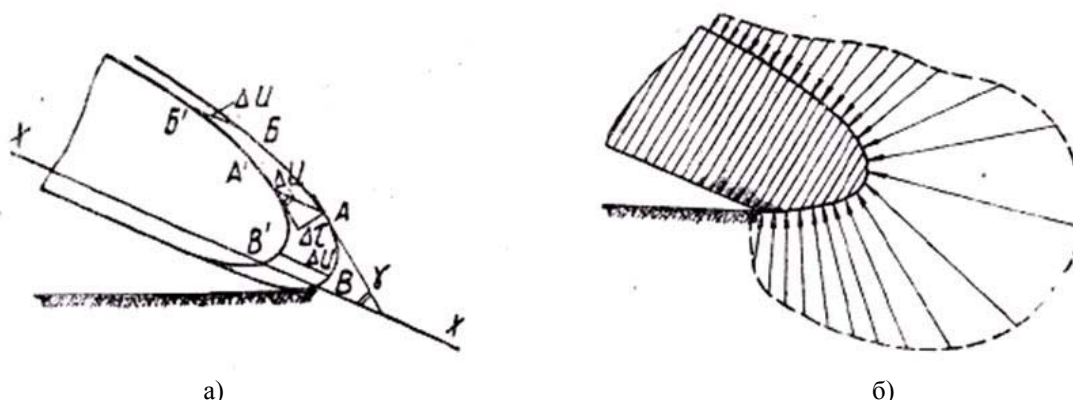


Рис. 2. Схема изнашивания (а) и эпюра давления почвы (б) на стабилизированное лезвие

Если, разделив правую и левую части этого равенства на  $\Delta \tau$ , перейти к пределу при  $\Delta \tau \rightarrow 0$  воспользоваться законом износа (1), то удельное давление почвы

$$p = \frac{v}{C} \sin \gamma, \quad (3)$$

где  $v$  — скорость (темп) изнашивания по ширине, постоянная для всех участков профиля стабилизированного лезвия;

$C$  — постоянный коэффициент изнашивания однородного лезвия.

Таким образом, давление почвы на профиль стабилизированного лезвия из однородного материала пропорционально  $\sin \gamma$ .

Как видно из рисунка 2, давление черноземной почвы на стабилизированное лезвие лемеха особенно велико на режущей кромке и затылочной фаске лезвия. На лицевой же стороне давление значительно меньше и более равномерно по величине.

С помощью приведенных формул можно также подсчитать весовой износ лезвия. В первом приближении при  $q = 0$  и  $h_0 = 0$

$$S = QaCT. \quad (4)$$

Следовательно, износ лезвия по весу растет пропорционально выработке и не зависит от угла клина лезвия, т. е. от его толщины. Эта закономерность также хорошо подтверждается опытными данными. Она давно замечена исследователями и использовалась, в частности, для объяснения того факта, что заточенные под меньшим углом клина лезвия работают до предельного затупления дольше, чем заточенные под большим углом. Действительно, если наложить профиль сечения таких лезвий друг на друга (рис. 3), отметить на «толстом» лезвии предельную толщину  $h_P$  и отложить равную площадь (пропорциональную объему — весу) на тонком лезвии, то можно заметить, что толщина этого лезвия  $h_1$  будет значительно меньше предельной толщины.

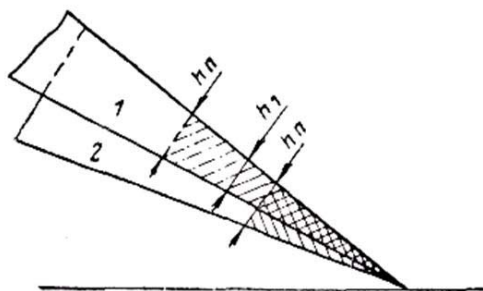


Рис. 3. Схема износа тонкого и толстого лезвий

Следовательно, тонкое лезвие, хотя и изнашивается больше по ширине, но может еще работать продолжительное время до достижения предельной толщины  $h_{п}$ .

Литература.

1. Беликов И.А. Повышение долговечности рабочих органов плуга керамическими материалами текст.: дисс. канд. техн. наук /И.А.Беликов. М. 2002. - 162с.
2. Бахтин П.У. Твердость почв и износ текст.:// Тракторы и сельхозмашины, 1973, №2.-с.68-69.
3. Розенбаум А.Н. Исследование износостойкости сталей для режущих органов почвообрабатывающих орудий текст.:/ А.Н.Розенбаум// Исследование материалов деталей сельскохозяйственных машин. М.: ВИСХОМ, 1969.-с.35-45.
4. Крагельский И.В. Трение и износ текст.:/ И.В.Крагельский// М.: Машгиз, 1962.-526с.
5. Новожилов В.И. Исследование условий изнашивания лезвий почворежущих деталей и разработка методов ремонта ножей противозероизных культиваторов текст.:/ В.И. Новожилов//Автореферат диссертации к.т.н. Минск, 1982.-19с.

#### **ВЛИЯНИЕ РЕЦИПРКНОГО СКРЕЩИВАНИЯ НА ОТКОРМОЧНЫЕ И МЯСНЫЕ КАЧЕСТВА СВИНЕЙ**

*Д.А. Барков, канд. с.-х. наук, А.А. Демидкин, студент гр. 10Б20*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

*E-mail: barkoff82@tpu.ru*

Как бы ни развивался современный мир, извечным остаётся продовольственный вопрос. Важную роль в обеспечении мясом и мясoproдуктами играет свиноводство – отрасль животноводства, на долю которой приходится 35 – 45 % общего производства мяса в мире и 30 – 35 % в России. Свиноводство является одной из эффективных отраслей и обеспечивает наибольшую отдачу на единицу затраченных материально-технических ресурсов. Следовательно, развитие свиноводства является наиболее приемлемым, объективно обусловленным, экономически выгодным и перспективным направлением возрождения производства мяса в нашей стране [2, 6, 8, 9].

До последнего времени в качестве основной материнской формы в системах гибридизации использовались свиньи крупной белой породы, отличающиеся высокими репродуктивными, но недостаточными откормочными и особенно мясными показателями. Поэтому очень важно найти лучшие варианты скрещивания с использованием пород, которые могли бы сочетать в себе отличие репродуктивные, откормочные и мясные свойства с высоким качеством свинины у финальных гибридов. В силу сложившихся объективных обстоятельств отечественные породы мясного направления продуктивности, используются не так часто, в то же время генетический потенциал откормочной и мясной продуктивности свиней породы СМ-1, значительно выше, чем у остальных пород России, свиноматки характеризуются хорошими воспроизводительными качествами [1, 3, 4 5, 7].

Результаты контрольного откорма показали, что реципркное скрещивание способствовало увеличению среднесуточного прироста в обеих опытных группах. Исследованиями установлено (табл. 1), что лучшей энергией роста от постановки на откорм до снятия в 100, обладали подсывинки III группы. В этой группе среднесуточный прирост был на 106 г или 13% ( $P<0,001$ ) выше чем в первой контрольной и на 46 г или 5,6% (при  $P<0,05$ ) выше, чем во второй контрольной группе.